

Digitalisierung einer Papillarstruktur

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Digitalisie-
5 ren zumindest einer Teilfläche der Papillarstruktur der Haut, insbesondere
eines Fingerabdrucks, mit hoher Intensitätsauflösung.

Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind auf vielfältige Weise gewerb-
lich einsetzbar, beispielsweise bei der biometrischen Identifikation von Per-
10 sonen oder der Zugangskontrolle zu gesicherten Räumen, z. B. in Firmen,
Flughäfen oder sonstigen sicherheitskritischen Gebäuden.

Sensoren zum Digitalisieren von Fingerabdrücken besitzen bestimmte tech-
nische Grenzen für die Auflösung sowohl des Ortsbereichs als auch des Wer-
15 tebereichs der Papillarstruktur eines Fingerabdrucks, wobei der Wertebe-
reich je nach Aufnahmemodalität ein Helligkeits- bzw. Intensitätsbereich
oder ein Farbbereich sein kann. Da bei den gängigen Farbräumen die Farben
als Intensitätstupel verschiedener Spektralbereiche dargestellt werden, ist im
folgenden mit dem Begriff „Intensität“ gleichermaßen eine Helligkeits- wie
20 eine Farbintensität gemeint.

Das Auflösungsvermögen eines Sensors bei der Abbildung eines natürlichen
(kontinuierlichen) Intensitätsbereichs in die (diskreten) Graustufen eines di-
gitalen Bildes ist aufgrund vielerlei technischer und natürlicher Rauschquel-
25 len (z. B. Quanten- oder Detektorrauschen) durch das Signal/Rausch-
Verhältnis des Sensors beschränkt. Das heißt, das kleinste von dem Sensor
auflösbare Intensitätsintervall hängt entscheidend von dem Signal/Rausch-
Verhältnis des verwendeten Sensors ab. Das sich daraus ergebende - theore-
tische - Intensitäts-Auflösungsvermögen begrenzt die bestmögliche Abtas-
30 tung des vom Sensor zu erfassenden Intensitätsbereichs (Quantisierung) und
bestimmt damit die zur Kodierung eines Intensitätswertes bei der Ana-

log/Digital-Wandlung des Bildsignals maximal nötige Bitzahl (die Intensitäts- bzw. Farbtiefe).

Bei vielen Sensoren liegt jedoch die durch die Analog/Digital-Wandlung vorgegebene Intensitätsauflösung eines digitalen Bildsignals unterhalb derjenigen Intensitätsauflösung, die aufgrund des Signal/Rausch-Verhältnisses des Sensors möglich wäre. Diese nicht-optimale Quantisierung ist besonders bei der digitalen Aufnahme von z. B. Fingerabdruckbildern zum Zwecke der Archivierung und des digitalen Bildvergleichs von erheblichem Nachteil, da eine derartige technisch unnötige Beschränkung der Intensitätsauflösung gravierende Informationsverluste mit sich bringen kann, die dazu führen können, daß charakteristische Detailstrukturen eines Fingerabdrucks durch dessen digitale Aufnahme nicht erfaßt werden. Dieser Nachteil macht sich insbesondere bei aufzunehmenden Strukturen mit großer Intensitäts- bzw. Farbdynamik bemerkbar, da bei diesen ein einzelner diskreter Intensitätswert der digitalen Aufnahme ein großes kontinuierliches Intensitätsintervall der aufzunehmenden Struktur repräsentiert.

Um eine wenigstens teilweise verbesserte Intensitätsauflösung bereitzustellen, besitzen manche Sensoren eine eingeschränkte Empfindlichkeit, wodurch sie lediglich einen Ausschnitt des zu Verfügung stehenden Intensitätsbereichs erfassen. Dies ermöglicht zwar in dem betreffenden Ausschnitt eine erhöhte Intensitätsauflösung, jedoch befinden sich die Intensitäten jenseits des gewählten Ausschnitts im Sättigungsbereich des Sensors und werden deshalb nicht erfaßt. Alle Punkte des aufzunehmenden Objekts, deren reale Intensitätswerte nicht in dem Ausschnitt liegen, werden dann entweder auf den minimalen oder maximalen Intensitätswert des digitalen Bildsignals (d. h. dessen Sättigungswerte) abgebildet und verlieren somit ihre differenzierte Information. Derartige Sensoren sind bei der digitalen Aufnahme von

Fingerabdruckbildern in der Regel nicht einsetzbar, da die Fingerabdrücke von verschiedenen Personen meist in höchst unterschiedlichen Intensitäts- und Farbbereichen zu finden sind und daher die volle Intensitäts-Dynamik erfaßt werden muß.

5

Bei vielen derartigen Sensoren sind bestimmte Aufnahmeparameter, wie z. B. der aufzunehmende Ausschnitt des Intensitätsbereichs oder der Kontrast des Bildes, einstellbar. Dadurch ist zwar prinzipiell eine Adaption an die Aufnahmebedingungen möglich, allerdings ist die Nachregelung der Aufnahmeparameter einerseits ein außerordentlich zeitaufwendiges Verfahren und führt andererseits nur mit erheblichem algorithmischen Aufwand zu der gewünschten Vergleichbarkeit aufgenommener Bilder mit archivierten Referenzbildern.

15 Natürlich könnten für den Zweck der digitalen Aufnahme von Fingerabdruckbildern auch Sensoren mit einer ausreichend hohen Intensitätsauflösung verwendet werden, diese haben aber gegenüber herkömmlichen Sensoren den Nachteil teilweise erheblich höherer Kosten.

20 Demzufolge liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, auf einfache und preisgünstige Art und Weise die Digitalisierungsergebnisse von Sensoren zu verbessern, die ein zu digitalisierendes Bild mit einer geringen Intensitäts- bzw. Farbauflösung abtasten.

25 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. In davon abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Die Aufnahme und Digitalisierung von Gegenständen und Objekten vollzieht sich in der Regel in zwei Schritten: Zunächst wird ein physikalisches Signal (z. B. der sich aus der Papillarstruktur eines Fingerabdruckprofils ergebende lokale Kontrast oder beliebige andere elektromagnetische Signale) in ein analoges elektrisches Signal transformiert, welches anschließend mittels eines Analog/Digital-Wandlers (A/D-Wandler) in ein digitales Signal transformiert wird. Bei der A/D-Wandlung werden sowohl der kontinuierliche Ortsbereich als auch der kontinuierliche Intensitätsbereich des analogen Signals auf beschränkte Bereiche abgebildet, die eine endliche Anzahl von diskreten Werten besitzen. Es findet also eine Orts- und eine Intensitätsdiskretisierung statt, wobei letztere auch als Quantisierung bezeichnet wird.

Bei der digitalen Aufnahme von Fingerabdrücken wird das Intensitätsprofil einer bestimmten Teilfläche der Papillarstruktur der Haut mittels geeigneter Sensoren aufgenommen. Dabei wird der kontinuierliche Intensitätsbereich des Intensitätsprofils oder ein Ausschnitt dieses Intensitätsbereichs diskretisiert und durch endlich viele diskrete Intensitätswerte des digitalen Bildes repräsentiert. Ein digitales 8-Bit-Bild besitzt beispielsweise 256 diskrete Intensitätswerte, die jeder ein bestimmtes kontinuierliches Intensitätsintervall repräsentieren.

Erfindungsgemäß werden von einem aufzunehmenden Fingerabdruck mehrere Aufnahmen gemacht, die alle die gleiche Teilfläche der Papillarstruktur der Haut abbilden und somit strukturell den gleichen Bildinhalt besitzen, sich aber in der Repräsentation dieses Inhalts durch diskrete Intensitätswerte quantitativ unterscheiden. Hierbei kann die Aufnahme weitgehend identischer Bildbereiche sehr einfach durch eine hohe Aufnahme Frequenz des Sensors sichergestellt werden, so daß Bewegungsartefakte weitestgehend ausgeschlossen sind.

Die unterschiedliche Darstellungsweise des mehrfach aufgenommenen Bildinhalts wird sichergestellt, indem jeweils verschiedene Intensitätsdiskretisierungen (Quantisierungen) durchgeführt werden. So kann beispielsweise
5 der kontinuierliche Intensitätsbereich des Intensitätsprofils mit verschiedenen Auflösungen diskretisiert werden und/oder es können verschiedene Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs anstelle des gesamten Bereichs diskretisiert werden.

10 Jedes einzelne dieser mehreren Bildsignale derselben Papillarteilfläche repräsentiert aufgrund seiner unterschiedlichen Intensitätsdiskretisierung eine spezifische Information über die tatsächliche (kontinuierliche) Intensitätsstruktur des aufgenommenen Fingerabdruck-Profils, die sich zumindest teilweise von dem Informationsgehalt aller anderen Bildsignale dergleichen Pa-
15 pillarteilfläche unterscheidet. Durch eine bildpunktweise (pixelweise) Kombination aller dieser strukturell identischen digitalen Aufnahmen entsteht ein digitales Papillarstruktursignal, das die diskreten Intensitätsbereiche aller digitalen Bildsignale integriert und dadurch einen diskreten Intensitätsbereich mit erhöhter Auflösung für jeden diskreten Bildpunkt besitzt.

20 Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß mit Hilfe herkömmlicher und preisgünstiger Sensoren eine Intensitätsauflösung bei der Digitalisierung erreicht wird, die die Intensitätsauflösung einzelner Bildsignale übersteigt und deren Qualität z. B. für den Zweck der digitalen Aufnahme von Finger-
25 abdruckprofilen geeignet ist.

Bei den Variationen der Intensitätsdiskretisierung gibt es insbesondere die beiden folgenden prinzipiellen Möglichkeiten: Entweder können digitale Bildsignale erzeugt werden, deren diskrete Intensitätsbereiche unterschiedli-

che Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs erfassen, oder es kann ein konstanter Intensitätsbereich des Intensitätsprofils erfaßt werden und dieser mit unterschiedlichen Anzahlen von diskreten Intensitätswerten dargestellt werden. Darüber hinaus ist es bei einem Hybridverfahren auch
5 möglich, dass unterschiedliche Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs auf jeweils unterschiedliche Anzahlen von diskreten Intensitätswerten der digitalen Einzelbilder abgebildet werden.

Die erstgenannte Ausführungsform besitzt den Vorteil, dass das digitale Papillarstruktursignal, das aus den Bildsignalen kombiniert wird, einen größeren Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs des Fingerabdruckprofils abbildet als die Intensitätsbereiche der einzelnen Bildsignale, da sich die verschiedenen Ausschnitte zu einem größeren Ausschnitt ergänzen. Somit werden entsprechend größere Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs der Papillarstruktur vorteilhaft mit der gleichen Intensitätsauflösung erfaßt, mit der bereits die entsprechend kleineren Ausschnitte der einzelnen Bildsignale erfaßt wurden. Insgesamt erhöht sich dadurch die Intensitätsauflösung des Papillarstruktursignals maximal um einen Faktor, der durch die Anzahl der Bildsignale bestimmt wird.

20 Um einen möglichst großen Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs des Intensitätsprofils zu erfassen, ist es vorteilhaft, die von den einzelnen Bildsignalen erfaßten Ausschnitte so zu wählen, daß sie sich nicht überlappen. Um zusammenhängende Ausschnitte erfassen zu können, ist es ferner
25 sinnvoll, daß die sich nicht überlappenden Ausschnitte der Bildsignale direkt aneinander anschließen. Vorteilhafterweise bilden diese sich nicht überlappenden und aneinander anschließenden Ausschnitte den gesamten kontinuierlichen Intensitätsbereich lückenlos ab. Insgesamt liegen die Vorteile der bisher beschriebenen, ersten Ausführungsform darin, daß die ge-

samte Intensitätsdynamik des Intensitätsprofils der Papillarstruktur erfasst werden kann und dadurch eine einfache Adaption an verschiedene Personen und Beleuchtungsverhältnisse möglich ist.

- 5 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung können sich die von den einzelnen Bildsignalen erfaßten Intensitätsbereichsausschnitte überlappen. Dieses Vorgehen hat besonders dann Vorteile, wenn innerhalb des kontinuierlichen Intensitätsbereichs des Fingerabdruckprofils wichtige diskriminative Merkmale des Fingerabdrucks in bestimmten Intensitätsbereichssegmenten auftreten, die dementsprechend zur optimalen Merkmalsextraktion mit einer hohen Intensitätsauflösung erfaßt werden müssen. Derartige Intensitätsbereichssegmente werden dann von verschiedenen Bildsignalen überlappend aufgenommen.
- 10
- 15 Falls sich also bei der Verwendung von zwei digitalen Bildsignalen die von deren diskreten Intensitätswerten repräsentierten kontinuierlichen Intensitätsintervalle überlappen, entstehen kleinere (z.B. größenmäßig halbierte) Intensitätsintervalle, die durch eigene, exaktere diskrete Intensitätswerte repräsentiert werden. Diese exakteren Intensitätswerte ergeben sich dann
- 20 aus den beiden diskreten Intensitätswerten der sich überlappenden Intervalle. In diesem Fall verdoppelt sich die Intensitätsauflösung in den betreffenden Segmenten des kontinuierlichen Intensitätsbereichs. Dies ist besonders vorteilhaft, um diejenigen Segmente eines Intensitätsbereichs optimal zu erfassen, in denen sich die für die spätere Auswertung der digitalisierten
- 25 Fingerabdruckprofile wichtigen lokalen Intensitätsmaxima und -minima befinden.

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Digitalisierung wird der Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs zur Intensitätsdiskretisierung

von einer entsprechenden Steuereinrichtung bestimmt. Diese Steuereinrichtung kann bei der Bestimmung eines Intensitätsausschnittes prinzipiell an zwei verschiedenen Stellen im Digitalisierungsprozeß eingreifen. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird ein Ausschnitt bereits bei
5 der Transformation des (physikalischen) Intensitätsprofils in ein analoges elektrisches Signal spezifiziert, also über ein entsprechendes Steuersignal der Steuereinrichtung an den hierfür zuständigen Signalwandler. Andererseits kann gemäß einer alternativen Ausgestaltung der Ausschnitt erst im darauffolgenden Schritt der Analog/Digital-Wandlung mittels eines entsprechenden
10 Steuersignals an den A/D-Wandler bestimmt werden.

Vorzugsweise wird ein kapazitiver Sensor eingesetzt, der aus einer Matrix von Kondensatorplatten besteht, auf denen eine bestimmte Ladungsmenge aufgebracht wird. Die Kondensatoren messen dann in Abhängigkeit von der
15 aufgetragenen Ladungsmenge den lokalen Abstand zu dem als zweite Kondensatorplatte fungierenden Fingerabdruckprofil als ein proportionales Spannungssignal. Durch die Variierung der aufgetragenen Ladungsmenge kann der von dem Sensor erfaßte Ausschnitt des Intensitätsbereichs des Fingerabdruckprofils bestimmt werden. Neben kapazitiven Sensoren können in
20 weiteren Ausführungsformen zu demselben Zweck z.B. auch optische Sensoren eingesetzt werden, beispielsweise CCD-Sensoren, deren Photodioden Lichtphotonen in ein elektrisches Signal umsetzen.

Bei der zweitgenannten Ausführungsform wird derselbe Intensitätsbereich
25 des Fingerabdruckprofils durch mehrere digitale Bildsignale erfaßt und mit unterschiedlichen Anzahlen von diskreten Intensitätswerten, also unterschiedlichen Intensitätsauflösungen, dargestellt. Diese Ausführungsform besitzt den Vorteil, daß, analog zu dem bereits beschriebenen Effekt bei sich überlappenden Intensitätsausschnitten, der kontinuierliche Intensitätsbe-

- reich im aus den mehreren Bildsignalen kombinierten digitalen Papillarstruktursignal durch mehr diskrete Intensitätswerte repräsentiert wird als in den einzelnen digitalen Bildsignalen. Falls die durch die diskreten Intensitätswerte zweier Bildsignale repräsentierten kontinuierlichen Intensitätsintervalle keine echten Teilmengen bilden, verschieben sich die von den jeweiligen diskreten Intensitätswerten der einzelnen Bildsignale repräsentierten kontinuierlichen Intensitätsintervalle leicht gegeneinander und bilden Schnittbereiche.
- 5
- 10 Durch die Kombination der beiden bisher beschriebenen Ausführungsvarianten können in einer besonders vorteilhaften dritten Ausführungsform unterschiedliche Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs mit jeweils unterschiedlicher Auflösung erfaßt werden. Die Intensitätsdiskretisierung wird dadurch besonders flexibel, da die Auflösung beliebiger Intensitätsintervalle gezielt eingestellt werden kann. Diese Einstellung der jeweils vorteilhaft zu wählenden Ausschnitte und Auflösungen wird von der Steuereinrichtung vorgenommen, die die Aufnahme und Digitalisierung der einzelnen Bildsignale steuert.
- 15
- 20 Das Zusammenführen aller Bildsignale zu einem Papillarstruktursignal mit erhöhter Intensitätsauflösung wird durch eine Kombinationseinrichtung realisiert. Dabei besitzen die diskreten Intensitätswerte der zu kombinierenden Bildsignale keinerlei Information mehr über die von ihnen tatsächlich repräsentierten kontinuierlichen Intensitätsintervalle. So besitzt z. B. ein digitales
- 25 8-Bit-Bild immer die Grauwerte 0 bis 255, unabhängig von dem von ihm tatsächlich erfassten kontinuierlichen Intensitätsausschnitt. Deshalb müssen für den Fall, daß die einzelnen Bildsignale lediglich Ausschnitte des Intensitätsbereichs des Fingerabdruckprofils erfassen, zur korrekten Kombination der

digitalen Bildsignale deren Intensitätsbereiche in einem ersten Schritt auf den erfaßten kontinuierlichen Intensitätsausschnitt normiert werden.

- In einem zweiten Schritt wird für jeden diskreten Bildpunkt des zu erzeugenden digitalen Papillarstruktursignals ein Intensitätswert geschätzt, der sich aus den Intensitätswerten der diskreten Bildpunkte der einzelnen Bildsignale ergibt, die sich an den jeweils mit dem entsprechenden Bildpunkt korrespondierenden Positionen befinden.
- 10 Eine Voraussetzung für diesen Schritt ist, daß die durch die einzelnen Bildsignale abgebildeten Teilflächen des Fingerabdruckprofils sich jeweils hinreichend genau überlagern, so daß einander entsprechende diskrete Bildpositionen der Bildsignale die jeweils gleichen Strukturen abbilden. Dies kann, bis auf einen obligatorischen Rauschanteil, durch eine entsprechend hohe
- 15 Aufnahmefrequenz sichergestellt werden. Gleichwohl können kleinere Verschiebungen im Ortsbereich auch nachträglich algorithmisch kompensiert werden, beispielsweise durch Korrelationsoperationen im Orts- oder Frequenzbereich der digitalen Bildsignale.
- 20 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Schätzwert durch Bildung des arithmetischen Mittelwerts der entsprechenden Intensitätswerte der Einzelbildsignale errechnet. Dies hat den Vorteil, daß für das Papillarstruktur-signal exaktere Intensitätswerte errechnet werden, in die die Intensitätswerte aller Bildsignale gleichberechtigt eingehen. Darüber hinaus sind jedoch auch
- 25 andere Schätzverfahren denkbar, wie z. B. die gewichtete Mittelung, um beispielsweise hochaufgelösten Intensitätswerten bei der Schätzung ein größeres Gewicht zu verleihen.

Die bisher beschriebenen Verfahren können besonders vorteilhaft in einer erweiterten Ausführung auch zur Erzeugung von digitalen Farbbildern eines Fingerabdruckprofils mit erhöhter Farbauflösung eingesetzt werden. Dazu können spezielle Farbsensoren verwendet werden, die das Spektrum des sichtbaren Lichts gemäß bekannter additiver oder subtraktiver Farbräume (z. B. RGB, CMY) nach zu mischenden Grundfarben in Spektralbänder getrennt erfassen. Die von der Einstelleinrichtung zu bestimmenden Ausschnitte und Auflösungen der (in der Regel drei) kontinuierlichen Farbbereiche können unabhängig voneinander oder miteinander korreliert festgelegt werden. Das Zusammenführen der jeweiligen diskreten Farbbereiche der einzelnen Farb-Bildsignale zu jeweils einem Farbbereich des multispektralen Papillarstruktursignals durch die Kombinationseinrichtung wird dann in der Regel getrennt voneinander in der gleichen Weise wie das Zusammenführen von Intensitätsbereichen erfolgen. Die Verwendung von zwei Farb-Bildsignalen mit je drei Spektralbändern würde dann im optimalen Fall eine $2^3=8$ -fach verbesserte Farbauflösung des Papillarstruktur-Farbsignals zur Folge haben. Dieses Verfahren ist darüber hinaus für viele weitere Farbräume einsetzbar (z. B. HSV und HLS).

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden bei der Schätzung der Intensitätswerte des Papillarstruktursignals nur diejenigen Intensitätswerte der Bildsignale berücksichtigt, die nicht dem minimalen oder maximalen diskreten Intensitätswert - also einem der Sättigungswerte - des jeweiligen Intensitätsausschnitts entsprechen. Denn diese Werte repräsentieren gerade nicht die durch die jeweiligen Ausschnitte des kontinuierlichen Intensitätsbereichs erfaßten Intensitäten und könnten daher die jeweilige Schätzung verfälschen. Dieser unerwünschte Effekt wird durch den präventiven Ausschluß der gesättigten Intensitätswerte vorteilhaft vermieden.

Bei einer besonders vorteilhaften vierten Ausführungsform werden binäre Bildsignale aufgenommen, also solche, die nur zwei verschiedene diskrete Werte besitzen, z. B. 0 bzw. „schwarz“ und 1 bzw. „weiß“. Dazu wird der abzubildende kontinuierliche Intensitätsbereich des Fingerabdruckprofils
5 mittels eines von der Steuereinrichtung festzulegenden Schwellenwertes in einen hellen und einen dunklen Teilbereich aufgeteilt, die jeweils von einem der beiden Intensitätswerte eines binären Bildsignals repräsentiert werden. Alle oberhalb des Schwellenwertes liegenden hellen Intensitätswerte des Fingerabdruckprofils werden im Binärbild durch die Farbe „weiß“ repräsen-
10 tiert, während die unterhalb des Schwellenwertes liegenden dunklen Intensitätswert durch die Farbe „schwarz“ repräsentiert werden.

Der jeweilige Schwellenwert zum Definieren eines weißen und eines schwarzen Intensitätsintervalls wird bei der Erzeugung einer Sequenz von
15 binären Bildsignalen von der Steuereinrichtung zunächst niedrig angesetzt und im Laufe dieses Prozesses sukzessive erhöht, so daß auch der Anteil an schwarzen Bildpunkten in den Binärbildern sukzessive steigt. Durch diese inkrementelle Abtastung des kontinuierlichen Intensitätsbereiches wird bei einer hohen Zahl von Binärbildern eine entsprechend hohe Intensitätsauflö-
20 sung im digitalen Papillarstruktursignal sichergestellt. Die Binärbilder müssen von der Kombinationseinrichtung abschließend nur addiert werden, um das entsprechende Papillarstruktursignal zu erzeugen. Somit kann durch die Aufnahme von n Binärbildern ein Papillarstruktursignal mit $n+1$ verschie-
denen Intensitätswerten erzeugt werden.

25

Der besondere Vorteil dieser vierten Ausführungsform liegt darin, daß zur Erzeugung einer ausreichenden Intensitätsauflösung besonders einfache und kostengünstige Binärsensoren verwendet werden können. Ebenso können die bereits beschriebenen kapazitiven Sensoren eingesetzt werden, indem

mittels der Steuereinrichtung über steigende/sinkende Ladungsmengen an den Kondensatorplatten – bei fester Einstellung des A/D-Wandlers – eine Binärbildsequenz mit ansteigendem Schwarz/Weiß-Anteil erzeugt wird.

- 5 Sämtliche beschriebenen Verfahren und Ausführungsformen sind sowohl für zweidimensionale Bildsignale als auch für eindimensionale Zeitsignale einsetzbar. Es kann also auch die Wertauflösung eines Zeitsignals durch die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen in analoger Art und Weise erhöht werden.

10

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung verschiedener erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele und Ausführungsalternativen. Es wird auf die Figuren verwiesen, die zeigen:

15

Figur 1 diagrammartig das Verfahren zur Erhöhung der Intensitätsauflösung gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform (Kombination von unterschiedliche Intensitätsbereichsausschnitte erfassenden Bildsignalen), wobei sich die Intensitätsbereichsausschnitte überlappen und

20

Figur 2 ein Schema einer Vorrichtung zum Erhöhen der Intensitätsauflösung durch Kombination binärer Bildsignale gemäß der vierten erfindungsgemäßen Ausführungsform.

- 25 Figur 1 zeigt schematisch in einem Diagramm ein kontinuierliches Intensitätsprofil IP, das beispielsweise als eindimensionaler Auszug eines zweidimensionalen kontinuierlichen Intensitätsprofils einer Teilfläche eines Fingerabdrucks interpretiert werden kann. Die Dimensionsreduktion dient lediglich der besseren Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

das in identischer Art und Weise und mit identischem Effekt auch auf ein zweidimensionales Bildsignal anwendbar ist. Dieses Ausführungsbeispiel ist ferner nicht auf Intensitätsbilder beschränkt, sondern es ist gleichermaßen auch auf Multispektralbilder anwendbar, indem die einzelnen Spektral- bzw.

- 5 Farbbänder separat in der im folgenden beschriebenen Art und Weise behandelt werden.

Als erster Schritt der Digitalisierung des kontinuierlichen Intensitätsprofils IP werden mit einem herkömmlichen Sensor (oder mehreren verschiedenen
10 Sensoren) zunächst zwei digitale Signale DS1 und DS2 erzeugt, die aufgrund des beschränkten Intensitätsauflösungsvermögens des Sensors jeweils nur die Ausschnitte A1 und A2 des kontinuierlichen Intensitätsbereichs KI des Intensitätsprofils IP erfassen und diese durch jeweils 7 verschiedene diskrete Intensitätswerte W1, W2 repräsentieren. Das heißt, die betreffenden Aus-
15 schnitte A1, A2 werden mit derselben Auflösung diskretisiert. Da die beiden Intensitätsbereichsausschnitte A1, A2 der beiden Signale DS1, DS2 jeweils nicht den gesamten kontinuierlichen Intensitätsbereich KI erfassen, liegen bestimmte Areale des kontinuierlichen Intensitätsprofils IP in den jeweiligen Sättigungsbereichen der digitalen Signale DS1, DS2, also jenseits der entspre-
20 chenden Intensitätsbereichsausschnitte A1, A2. So wird beispielsweise von dem digitalen Signal DS1 das Intensitätsmaximum des Intensitätsprofils IP nicht mit ausreichender Genauigkeit erfaßt, während bei dem digitalen Signal DS2 die Intensitätsminima des Intensitätsprofils IP im Sättigungsbereich liegen und daher von dem Signal DS2 nicht erfaßt werden.

25

Die Ausschnitte A1, A2 der beiden digitalen Signale DS1, DS2 sind derart gewählt, daß sie sich überlappen und die jeweiligen diskreten Intensitätswerte W1, W2 leicht gegeneinander verschoben sind. Dadurch bildet sich bei der Kombination der beiden digitalen Signale DS1, DS2 bzw. ihrer Intensi-

tätsbereichsausschnitte A1, A2 ein kombiniertes Papillarstruktursignal PS mit einem entsprechend größeren diskreten Intensitätsbereich DI und mit einer gegenüber den digitalen Signalen DS1, DS2 erhöhten Intensitätsauflösung von insgesamt $2 \cdot 7 - 1 = 13$ verschiedenen diskreten Intensitätswerten W.

5 Das sich ergebende digitale Papillarstruktursignal PS ist in Figur 1 als Treppensignal dargestellt. Die aus den sich nicht überlappenden Bereichen der Intensitätsausschnitte A1, A2 abgeleiteten Intensitätswerte W entsprechen dabei den jeweiligen Intensitätswerten W1, W2 des betreffenden digitalen Signals DS1, DS2. Aus dem sich überlappenden Bereich werden hingegen die

10 Intensitätswerte W als Mittelwerte der jeweilig benachbarten diskreten Intensitätswerte W1, W2 der Intensitätsbereichsausschnitte A1, A2 errechnet.

Diese unterschiedliche Vorgehensweise für den Überlappungsbereich und die nicht-überlappenden Bereiche schließt die gesättigten Signalbereiche von

15 der Schätzung der neuen Intensitätswerte W aus, da diese keine zuverlässige Intensitätsinformation über die abgebildete Papillarstruktur repräsentieren und die Schätzung der Intensitätswerte W demzufolge verfälschen könnten. Im Ergebnis bildet der diskrete Intensitätsbereich DI des digitalen Papillarstruktursignals PS einen wesentlich größeren Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs KI des Intensitätsprofils IP ab als die von den digi-

20 talen Signalen DS1, DS2 erfaßten Ausschnitte A1, A2 und besitzt im Überlappungsbereich der Ausschnitte A1 und A2 eine verdoppelte Intensitätsauflösung. Der diskrete Intensitätsbereich DI des digitalen Papillarstruktursignals PS repräsentiert somit im Vergleich zu den Ausschnitten A1, A2 der

25 digitalen Signalen DS1, DS2 eine wesentlich bessere Approximation des Intensitätsprofils IP.

In einer ersten, in den Figuren nicht explizit dargestellten Variante des soeben beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels überlappen

sich die Ausschnitte A1, A2 nicht und schließen unmittelbar aneinander an. Hierbei wird durch die Kombination der entsprechenden digitalen Signale DS1, DS2 ein digitales Papillarstruktursignals PS erzeugt, dessen diskreter Intensitätsbereich DI einen doppelt so großen Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs KI erfaßt wie jedes einzelne digitale Signal DS1, DS2. Die Auflösung dieses Intensitätsbereiches DI ist jedoch gleich der der einzelnen Intensitätsbereichsausschnitte A1, A2 der digitalen Signale DS1, DS2. Dementsprechend läßt sich bei ausreichend großen oder ausreichend vielen Ausschnitten A1, A2 der gesamte kontinuierliche Intensitätsbereich KI des Intensitätsprofils IP von dem diskreten Intensitätsbereich DI des Papillarstruktursignals PS mit konstanter Intensitätsauflösung erfassen.

In einer zweiten, in den Figuren nicht explizit dargestellten Ausführungsvariante des in Bezug auf Figur 1 beschriebenen Ausführungsbeispiels werden anstelle von unterschiedlichen Ausschnitten A1, A2 mit derselben Auflösung identische Ausschnitte A1 und A2 mit unterschiedlichen Auflösungen gewählt. In diesem Fall bildet der diskrete Intensitätsbereich DI des digitalen Papillarstruktursignals PS lediglich diesen Intensitätsbereichsausschnitt ab, seine Intensitätsauflösung ist jedoch erheblich höher, als bei den Ausschnitten A1, A2. Falls die Ausschnitte A1 und A2 in a_1 bzw. a_2 verschiedene diskrete Intensitätswerte W1, W2 aufgeteilt sind, umfaßt der diskrete Intensitätsbereich DI maximal $a_1 + a_2 - 1$ verschiedene Intensitätswerte W.

Schließlich läßt sich das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 auch derart abwandeln, daß unterschiedliche Ausschnitte mit unterschiedlichen Auflösungen zu einem digitalen Papillarstruktursignal kombiniert werden.

Figur 2 zeigt mit einer Vorrichtung zum Digitalisieren von Intensitätsprofilen IP eines Fingerabdrucks mittels eines Sensors S ein anderes Ausfüh-

rungsbeispiel der Erfindung, die kontinuierliche (analoge) Bilder als binäre digitale Bildsignale DS abbildet, also als solche digitale Bildsignale DS, die lediglich zwei verschiedene Intensitätswerte „weiß“ und „schwarz“ besitzen.

- 5 Der Sensor S umfaßt eine Transformationseinrichtung TE bzw. einen Signalwandler, der das Intensitätsprofil IP eines Eingangsbildes in ein analoges elektrisches Signal transformiert und einen Analog/Digital-Wandler AD, der das analoge elektrische Signal durch Abtastung seines Orts- und/oder Intensitätsbereichs schließlich in ein oder mehrere digitale Signale umwandelt.

10

Sowohl die Transformation der Transformationseinrichtung TE als auch die des A/D-Wandlers AD werden von der Steuereinrichtung SE gesteuert. Diese bestimmt einerseits den jeweils von einem digitalen Bildsignal DS zu erfassenden Ausschnitt des Intensitätsbereichs des Intensitätsprofils IP, und
15 andererseits bestimmt sie die Auflösung, mit welcher diese Intensitätsausschnitte jeweils quantisiert werden. Hierbei kann die Steuereinrichtung SE entweder die Transformationseinrichtung TE oder den A/D-Wandler AD veranlassen, einen bestimmten Ausschnitt des kontinuierlichen Intensitätsbereichs bei der Aufnahme und Digitalisierung des Intensitätsprofils IP der
20 Papillarstruktur zu erfassen. Die Steuereinrichtung kann sowohl als separates Bauteil als auch als integraler Teil der Transformationseinrichtung TE und/oder des A/D-Wandlers AD realisiert werden.

- Die eigentliche Digitalisierung des analogen Intensitätsprofils IP, bestehend
25 aus der Diskretisierung von Orts- und/oder Intensitätsbereich, wird dann von dem A/D-Wandler AD vorgenommen. Die Quantisierung, also die Abtastung des Intensitätsbereichsausschnitts und dessen Auflösung, wird ebenfalls von der Steuereinrichtung SE festgelegt.

Gemäß eines anderen, in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiels erzeugt der Sensor S binäre digitale Bildsignale DS, wobei die Abtastung des kontinuierlichen Intensitätsbereichs mit zwei diskreten Intensitätswerten durch die Steuereinrichtung SE mittels eines Schwellenwertes, der sogenannten Binari-

5 sierungsschwelle, festgelegt wird. Dieser Schwellenwert teilt den kontinuierlichen Intensitätsbereich des zu digitalisierenden analogen Intensitätsprofils IP in ein „dunkles“ Intensitätssegment, das im digitalen Bildsignal DS auf den binären Intensitätswert 0 abgebildet wird, und ein „helles“ Intensitätssegment, das auf den Intensitätswert 1 abgebildet wird. Bei der Erzeugung

10 eines derartigen binären digitalen Bildsignals DS erhalten also all jene diskreten Bildpositionen (Pixel) den Binärwert 1, deren kontinuierlicher Intensitätsbereich im Intensitätsprofil IP des korrespondierenden Bildareals im Mittel einen Intensitätswert aufweist, der sich in dem durch die Binarisierungsschwelle bestimmten hellen Intensitätssegment befindet.

15

Um aus binären digitalen Bildsignalen DS ein Papillarstruktursignal PS zu erzeugen, das eine hohe Intensitätsauflösung besitzt, wird eine Sequenz binärer digitaler Bildsignale DS erzeugt und dabei die Binarisierungsschwelle sukzessive erhöht bzw. reduziert oder in anderer Reihenfolge geändert, um

20 auf diese Weise den gesamten kontinuierlichen Intensitätsbereich schrittweise abzutasten. Bei der anschließenden Kombination der verschiedenen diskreten Intensitätsbereiche der binären digitalen Bildsignale DS durch die Kombinationseinrichtung KE ergeben sich neue, kleinere Intensitätsintervalle aus der Überlagerung der jeweiligen Intensitätssegmente der digitalen

25 Bildsignale DS. Die Kombinationseinrichtung KE weist dann jedem dieser Intensitätsintervalle einen neuer, exakteren diskreten Intensitätswert zu. Dies geschieht bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel mittels einfacher Addition aller digitaler Bildsignale DS durch die Kombinationseinrichtung KE. Dadurch ergibt sich für jeden einzelnen Bildpunkt des Papillarstruktur-

signals PS als Intensitätswert genau die Anzahl aller digitalen Bildsignale DS, die an dem korrespondierende Bildpunkt den Binärwert 1 tragen.

- Falls die Steuereinrichtung SE n digitale Bildsignale DS mit verschiedenen
- 5 Binarisierungsschwellen erzeugt hat, erzeugt die Kombinationseinrichtung KE ein digitales Papillarstruktursignal PS mit $n+1$ verschiedenen diskreten Intensitätswerten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Digitalisieren wenigstens einer Teilfläche der Papillarstruktur der Haut, wobei die Teilfläche ein Intensitätsprofil (IP) mit kontinuierlichem Intensitätsbereich (KI) definiert, umfassend die Schritte:
- 5 - Transformieren des Intensitätsprofils (IP) in zumindest ein analoges elektrisches Signal und
- 10 - Transformieren dieses analogen elektrischen Signals in wenigstens ein digitales Signal (DS, DS1, DS2) mit einem aus diskreten Intensitätswerten (W, W1, W2) bestehenden Intensitätsbereich (A1, A2) und einem aus diskreten Positionen bestehenden Ortsbereich,
- gekennzeichnet durch die Schritte
- 15 - mehrmaliges Durchführen der Schritte des Transformierens für dieselbe Teilfläche zur Bildung einer Mehrzahl von unterschiedlichen digitalen Signalen (DS, DS1, DS2) und
- 20 - Kombinieren der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) zu einem gemeinsamen digitalen Papillarstruktursignal (PS) mit einem aus diskreten Intensitätswerten (W) gebildeten Intensitätsbereich (DI) und einem aus diskreten Positionen gebildeten Ortsbereich derart, daß der Intensitätsbereich (DI) des Papillarstruktursignals (PS) mehr Intensitätswerte (W) aufweist, als die Intensitätsbereiche jedes einzelnen der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2).
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mehrmalige Durchführen der Schritte des Transformierens für jeweils verschiedene Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) erfolgt, so daß nach dem Schritt des Kombinierens der Intensitätsbereich (DI) des digitalen Papillarstruktursignals (PS) einen größeren Ausschnitt des konti-

nuierlichen Intensitätsbereichs (KI) erfaßt als die Intensitätsbereiche jedes einzelnen der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2).

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei dem
5 mehrmaligen Durchführen der Schritte des Transformierens die Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) beim Transformieren des Intensitätsprofils (IP) in das analoge elektrische Signal bestimmt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Be-
10 stimmung des zweiten und der weiteren Ausschnitte mittels Daten des oder der vorherigen Abschnitte erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß die
15 Anzahl der Intensitätswerte (W) durch die Wahl bzw. Anzahl der Ausschnitte bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**,
daß das Transformieren des Intensitätsprofils (IP) in ein analoges elektri-
sches Signal durch einen kapazitiven Signalwandler erfolgt, und daß der
20 Ausschnitt (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) durch auf den Kondensatoren des kapazitiven Signalwandlers aufgebraachte Ladungsmengen bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei dem
25 mehrmaligen Durchführen der Schritte des Transformierens die Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) beim Transformieren des analogen elektrischen Signals in ein digitales Signal (DS, DS1, DS2) bestimmt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung des zweiten und der weiteren Ausschnitte mittels Daten des oder der vorherigen Abschnitte erfolgt.
- 5 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Intensitätswerte (W) durch die Wahl bzw. Anzahl der Ausschnitte bestimmt wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) zusammen den gesamten kontinuierlichen Intensitätsbereich (KI) abdecken.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) aneinander anschließen und sich nicht überlappen.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) überlappen.
- 25 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das mehrmalige Durchführen der Schritte des Transformierens mit jeweils verschiedenen Anzahlen von diskreten Intensitätswerten (W1, W2) der Intensitätsbereiche der digitalen Signale (DS, DS1, DS2) erfolgt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Kombinierens die folgenden Teilschritte umfaßt:
- Schätzen eines diskreten Intensitätswerts (W) für jede diskrete Position des digitalen Papillarstruktursignals (PS) aus den jeweiligen diskreten Inten-

sitätswerten (W_1 , W_2) der entsprechend korrespondierenden diskreten Positionen der digitalen Signale (DS , DS_1 , DS_2) und

- Eintragen des geschätzten Intensitätswertes (W) an der entsprechenden diskreten Position des digitalen Papillarstruktursignals (PS).

5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12 mit Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Kombinierens vor den Teilschritten des Schätzens und des Eintragens den folgenden Teilschritt umfaßt:

- Normieren der Intensitätsbereiche der Mehrzahl digitaler Signale (DS ,
10 DS_1 , DS_2) auf den von dem jeweiligen digitalen Signal (DS , DS_1 , DS_2) erfaßten Ausschnitt (A_1 , A_2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI).

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Schritt des Schätzens nur diejenigen diskreten Intensitätswerte (W_1 , W_2) der
15 entsprechend korrespondierenden Positionen der digitalen Signale (DS , DS_1 , DS_2) berücksichtigt werden, die keinen maximalen oder minimalen Intensitätswert (W_1 , W_2) des jeweiligen digitalen Signals (DS , DS_1 , DS_2) repräsentieren.

20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß beim Schritt des Schätzens als diskreter Intensitätswert (W) einer diskreten Position des digitalen Papillarstruktursignals (PS) der arithmetische Mittelwertes der diskreten Intensitätswerte (W_1 , W_2) der entsprechend korrespondierenden Positionen der digitalen Signale (DS , DS_1 , DS_2) gebildet
25 wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem mehrmaligen Durchführen der Schritte des Transformierens der kontinuierliche Intensitätsbereich (KI) auf Intensitätsbereiche der

Mehrzahl von digitalen Signalen (DS, DS1, DS2) mit jeweils nur zwei diskreten Intensitätswerten (W1, W2) abgebildet wird, wobei für jedes der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) ein unterschiedlicher Schwellenwert zum Teilen des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) in zwei Teilbereiche
5 bestimmt wird, die jeweils auf einen der beiden diskreten Intensitätswerte (W1, W2) eines jeden der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) abgebildet werden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch **gekennzeichnet**, daß beim
10 Schritt des Kombinierens die Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) adaptiert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei dem mehrmaligen Durchführen der Schritte des Transformierens digitale Farbsignale (DS, DS1, DS2) erzeugt werden, und aus diesen
15 beim Schritt des Kombinierens ein digitales Papillarstruktur-Farbsignal (PS) erzeugt wird.

21. Vorrichtung zum Digitalisieren wenigstens einer Teilfläche der Papillarstruktur der Haut, wobei die Teilfläche ein Intensitätsprofil (IP) mit kontinuierlichem Intensitätsbereich (KI) definiert, umfassend eine Transformationseinrichtung (TE) zum Transformieren des Intensitätsprofils (IP) in zumindest ein analoges elektrisches Signal und einen Analog/Digital-Wandler (AD) zum Transformieren dieses analogen elektrischen Signals in wenigstens
20 ein digitales Signal (DS, DS1, DS2) mit einem aus diskreten Intensitätswerten (W1, W2) bestehendem Intensitätsbereich und einem aus diskreten Positionen bestehenden Ortsbereich, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung ferner umfaßt:

eine Steuereinrichtung (SE), die die Transformationseinrichtung (TE) und den Analog/Digital-Wandler (AD) veranlaßt, für dieselbe Teilfläche eine Mehrzahl von unterschiedlichen digitalen Signalen (DS, DS1, DS2) zu erzeugen, und

- 5 eine Kombinationseinrichtung (KE), die die Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) zu einem gemeinsamen digitalen Papillarstruktursignal (PS) mit einem aus diskreten Intensitätswerten (W) bestehenden Intensitätsbereich (DI) und einem aus diskreten Positionen bestehende Ortsbereich derart kombiniert, daß der Intensitätsbereich (DI) des digitalen Papillarstruktur-
- 10 signals (PS) mehr diskrete Intensitätswerte (W) aufweist als die Intensitätsbereiche jedes einzelnen der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2).

22. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (SE) jeweils verschiedene auf den Intensitätsbereich des jeweiligen digitalen Signals (DS, DS1, DS2) abzubildende Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) des Intensitätsprofils (IP) bestimmt und
- 15

- die Kombinationseinrichtung (KE) die Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) derart kombiniert, daß der Intensitätsbereich (DI) des digitalen Papillarstruktursignals (PS) einen größeren Ausschnitt (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) erfaßt als die Intensitätsbereiche jedes einzelnen der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2).
- 20

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein von der Steuereinrichtung (SE) bestimmter abzubildender Ausschnitt (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) des Intensitätsprofils (IP) bei der Transformation des Intensitätsprofils (IP) durch die Transformationseinrichtung (TE) auf das analoge elektrische Signal abgebildet wird.
- 25

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformationseinrichtung (TE) ein kapazitiver Signalwandler ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein von
5 der Steuereinrichtung (SE) bestimmter abzubildender Ausschnitt (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) des Intensitätsprofils (IP) bei der Transformation des analogen elektrischen Signals durch den Analog/Digital-Wandler (AD) auf ein digitales Signal (DS, DS1, DS2) abgebildet wird.

10

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (SE) die abzubildenden Ausschnitte (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) des Intensitätsprofils (IP) derart einstellt, daß sie insgesamt den gesamten kontinuierlichen Intensitäts-
15 bereich (KI) abdecken.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (SE) jeweils verschiedene Anzahlen von diskreten Intensitätswerten (W1, W2) für die Intensitätsbereiche der digitalen Signale (DS, DS1, DS2) bestimmt.
20

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Kombinationseinrichtung (KE) einen diskreten Intensitätswert (W) für jede diskrete Position des digitalen Papillarstruktursignals (PS) aus den jeweiligen diskreten Intensitätswerten (W1, W2) der entsprechend korrespondierenden diskreten Positionen der digitalen Signale (DS, DS1, DS2) schätzt.
25

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 26 mit Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Kombinationseinrichtung (KE) vor dem Schätzen der diskreten Intensitätswerte (W) des digitalen Papillarstruktursignals (PS) die Intensitätsbereiche der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) auf den von dem jeweiligen digitalen Signal (DS, DS1, DS2) erfaßten Ausschnitt (A1, A2) des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) normiert.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Kombinationseinrichtung (KE) beim Schätzen der diskreten Intensitätswerte (W) des digitalen Papillarstruktursignals (PS) nur diejenigen Intensitätswerte (W1, W2) der entsprechend korrespondierenden diskreten Positionen der digitalen Signale (DS, DS1, DS2) berücksichtigt, die weder den maximalen noch den minimalen Intensitätswert (W1, W2) des jeweiligen Intensitätsbereichs repräsentieren.

15

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß

die Steuereinrichtung (SE) für jedes der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2) Intensitätsbereiche mit nur zwei diskreten Intensitätswerten (W1, W2) bestimmt und für jedes digitale Signal (DS, DS1, DS2) einen unterschiedlichen Schwellenwert zum Teilen des kontinuierlichen Intensitätsbereichs (KI) in zwei Teilbereiche bestimmt, zum Abbilden eines der Teilbereiche auf jeweils einen der beiden diskreten Intensitätswerte (W1, W2) jedes der Mehrzahl digitaler Signale (DS, DS1, DS2), und daß

25 die Kombinationseinrichtung (KE) die digitalen Signale (DS, DS1, DS2) addiert.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß

die Transformationseinrichtung (TE) und der Analog/Digital-Wandler (AD) digitale Farbsignale (DS, DS1, DS2) erzeugen,

- die Steuereinrichtung (SE) die Transformationseinrichtung (TE) und den Analog/Digital-Wandler (AD) veranlaßt, für dieselbe Teilfläche eine
- 5 Mehrzahl von unterschiedlichen digitalen Farbsignalen (DS, DS1, DS2) zu erzeugen, und

die Kombinationseinrichtung (KE) ein digitales Papillarstruktur-Farbsignal (PS) erzeugt.

1/2

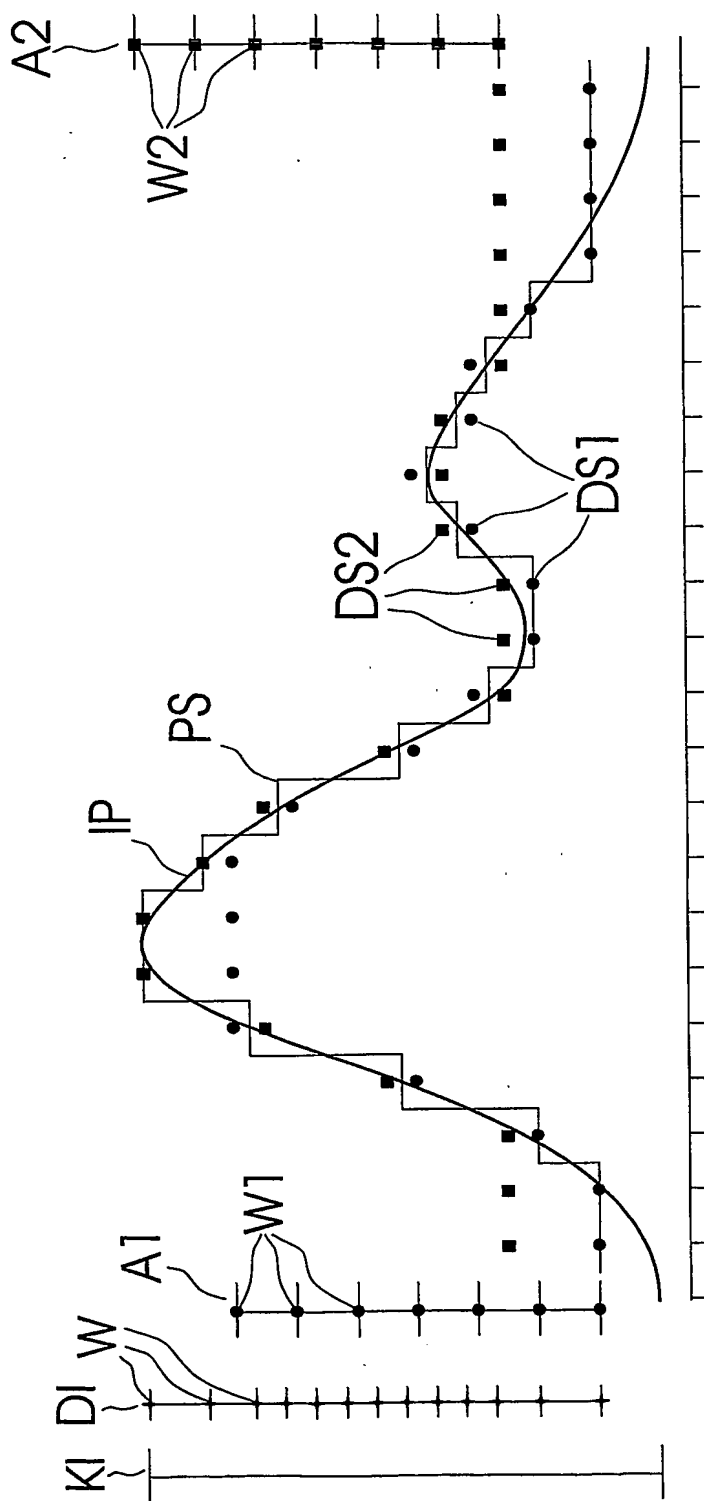


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

2/2

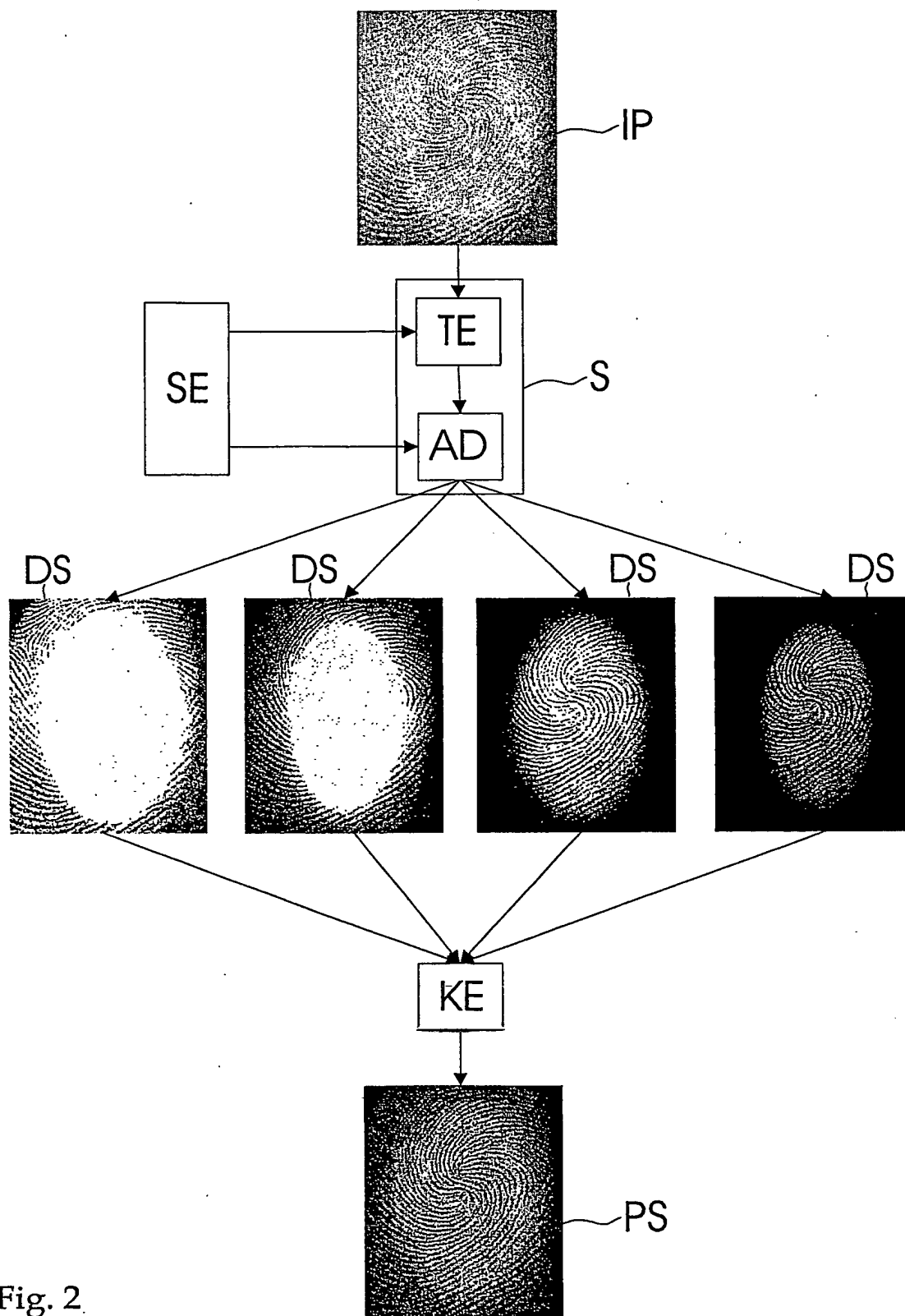


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/013385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H03M1/06 G06K9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H03M G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 259 804 B1 (SETLAK DALE R ET AL) 10 July 2001 (2001-07-10) abstract; figures 12,13 column 2, lines 26-30	1-12,14, 15, 17-19, 21-26, 28,29,31
Y	US 4 393 372 A (HOEHN ET AL) 12 July 1983 (1983-07-12) abstract; figure 1	1,2,5, 7-12,14, 15, 17-19, 21,22, 25,26, 28,29,31

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 April 2005

Date of mailing of the international search report

10/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Neubüser, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/013385

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 028 543 A (GEDCKE ET AL) 22 February 2000 (2000-02-22) the whole document	1-10,12, 14,15, 17-19, 21-26, 28,29,31
A	MORIMURA H ET AL: "A pixel-level automatic calibration circuit scheme for sensing initialization of a capacitive fingerprint sensor LSI" 2001 SYMPOSIUM ON VLSI CIRCUITS. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. KYOTO, JAPAN, JUNE 14 - 16, 2001, SYMPOSIUM ON VLSI CIRCUITS, TOKYO : JSAP, JP, 14 June 2001 (2001-06-14), pages 171-174, XP010551530 ISBN: 4-89114-014-3 the whole document	3,23
A	KHALID SAYOOD: "Introduction to Data Compression" 2000, MORGAN KAUFMANN , SAN FRANCISCO 226380 , XP002324270 ISBN: 1-55860-558-4 Chapter 8: Scalar Quantization	1-32
T	"Lexikon, Fachgebietenabonnement Physik und Technik" 'Online! 12 April 2005 (2005-04-12), ELSEVIER/SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG , HEIDELBERG , XP002324271 Retrieved from the Internet: URL:http://www.wissenschaft-online.de/abo/ lexikon/physik/492> 'retrieved on 2005-04-12! the whole document	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/013385

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6259804	B1	10-07-2001	AU 7371598 A 08-12-1998
			CN 1290383 A 04-04-2001
			DE 69809907 D1 16-01-2003
			DE 69809907 T2 29-07-2004
			EP 0985196 A1 15-03-2000
			JP 2002502520 T 22-01-2002
			WO 9852157 A1 19-11-1998
US 4393372	A	12-07-1983	NONE
US 6028543	A	22-02-2000	CA 2273999 A1 15-04-1999
			EP 0943181 A1 22-09-1999
			WO 9918672 A1 15-04-1999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03M1/06 G06K9/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H03M G06K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 259 804 B1 (SETLAK DALE R ET AL) 10. Juli 2001 (2001-07-10) Zusammenfassung; Abbildungen 12,13 Spalte 2, Zeilen 26-30	1-12,14, 15, 17-19, 21-26, 28,29,31
Y	US 4 393 372 A (HOEHN ET AL) 12. Juli 1983 (1983-07-12) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- -/-	1,2,5, 7-12,14, 15, 17-19, 21,22, 25,26, 28,29,31

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/05/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Neubüser, B

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 028 543 A (GEDCKE ET AL) 22. Februar 2000 (2000-02-22) das ganze Dokument	1-10, 12, 14, 15, 17-19, 21-26, 28, 29, 31
A	MORIMURA H ET AL: "A pixel-level automatic calibration circuit scheme for sensing initialization of a capacitive fingerprint sensor LSI" 2001 SYMPOSIUM ON VLSI CIRCUITS. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. KYOTO, JAPAN, JUNE 14 - 16, 2001, SYMPOSIUM ON VLSI CIRCUITS, TOKYO : JSAP, JP, 14. Juni 2001 (2001-06-14), Seiten 171-174, XP010551530 ISBN: 4-89114-014-3 das ganze Dokument	3, 23
A	KHALID SAYOOD: "Introduction to Data Compression" 2000, MORGAN KAUFMANN, SAN FRANCISCO 226380, XP002324270 ISBN: 1-55860-558-4 Chapter 8: Scalar Quantization	1-32
T	"Lexikon, Fachgebietenabonnement Physik und Technik" 'Online! 12. April 2005 (2005-04-12), ELSEVIER/SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG, HEIDELBERG, XP002324271 Gefunden im Internet: URL: http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/physik/492 'gefunden am 2005-04-12! das ganze Dokument	11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/013385

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6259804	B1	10-07-2001	AU 7371598 A 08-12-1998
			CN 1290383 A 04-04-2001
			DE 69809907 D1 16-01-2003
			DE 69809907 T2 29-07-2004
			EP 0985196 A1 15-03-2000
			JP 2002502520 T 22-01-2002
			WO 9852157 A1 19-11-1998
US 4393372	A	12-07-1983	KEINE
US 6028543	A	22-02-2000	CA 2273999 A1 15-04-1999
			EP 0943181 A1 22-09-1999
			WO 9918672 A1 15-04-1999